

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-287708

(43)Date of publication of application : 27.11.1990

(51)Int.Cl.

G05D 1/02

(21)Application number : 01-109762

(71)Applicant : YANMAR DIESEL ENGINE CO LTD

(22)Date of filing : 28.04.1989

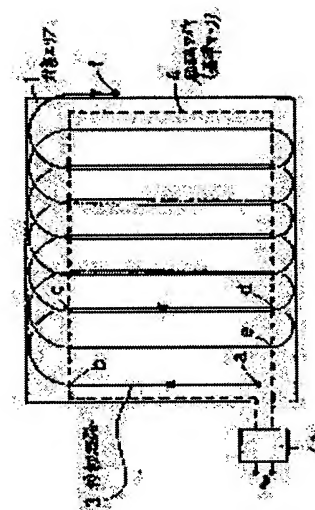
(72)Inventor : SAKAMOTO YOSHIZO
NAKANISHI TETSUYA
NOMA YASUO
NOZAKI TAKEAKI

(54) MOVEMENT CONTROL METHOD FOR UNMANNED MOVING BODY

(57)Abstract:

PURPOSE: To accurately move the unmanned moving body only by providing a reference mark at an area border by moving the body straight according to an azimuth detection result in straight movement and putting the body in previously set turning operation when the reference mark is detected.

CONSTITUTION: In the straight movement, while the moving direction correspond ing to the detection result of an azimuth detecting means mounted on the unmanned moving body is fed back, the moving body is moved straight in a preset direction and reference marks 4 are provided continuously or intermittently in a direction crossing the course 3 of the moving body in a movement object area 1, thereby putting the moving body in the previously set turning operation according to the detection result of the mark detecting means mounted on the unmanned moving body. Consequently, the reference marks 4 need not be installed on the entire movement path 3 and the need for position detection is eliminated; and the reference marks 4 are only provided at area borders, etc., and consequently the unmanned moving body accurately move along an expected course in the area and never deviates from the area.



⑩ 日本国特許庁(J.P.)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-287708

⑬ Int. Cl.⁵
G 05 D 1/02

識別記号 庁内整理番号
H 7304-5H
J 7304-5H

⑭ 公開 平成2年(1990)11月27日

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全16頁)

⑮ 発明の名称 無人移動体の移動制御方法

⑯ 特 願 平1-109762

⑰ 出 願 平1(1989)4月28日

⑱ 発 明 者 坂 本 佳 三 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤンマーディーゼル株式会社内
⑲ 発 明 者 中 西 鉄 也 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤンマーディーゼル株式会社内
⑲ 発 明 者 野 間 康 男 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤンマーディーゼル株式会社内
⑲ 発 明 者 野 崎 豪 朗 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤンマーディーゼル株式会社内
⑳ 出 願 人 ヤンマーディーゼル株式会社 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号
㉑ 代 理 人 弁理士 篠 田 實

明 細 書

1. 発明の名称

無人移動体の移動制御方法

2. 特許請求の範囲

(1) 特定の対象エリア内で無人移動体を二次元的に自力で移動させる方法であって、直進移動時には無人移動体に搭載した方位検出手段の検出結果に応じて移動方向をフィードバックしながらあらかじめ設定された方向に直進させると共に、移動対象エリア内に基準マークを設け、これを無人移動体に搭載したマーク検出手段で検出した結果に応じてあらかじめ設定された旋回動作を行わせることを特徴とする無人移動体の移動制御方法。

(2) マーク検出手段が励磁ワイヤであり、この励磁ワイヤを往路直進経路の始点側と終点側の2箇所に直進経路を横切る方向に設けた請求項1記載の無人移動体の移動制御方法。

(3) マーク検出手段が励磁ワイヤであり、この励磁ワイヤを往路直進経路の始点側にのみ直進経

路を横切る方向に設けた請求項1記載の無人移動体の移動制御方法。

(4) マーク検出手段が励磁ワイヤであり、この励磁ワイヤを対象エリアのほぼ対角線に沿ってほぼX字状に設けた請求項1記載の無人移動体の移動制御方法。

(5) マーク検出手段が励磁ワイヤであり、この励磁ワイヤを往路直進経路の始点側と、対象エリアのほぼ対角線に沿って直進経路を斜めに横切る位置の2箇所に設けた請求項1記載の無人移動体の移動制御方法。

(6) 無人移動体に左右1対の駆動輪を設けてそれぞれ独立に駆動することにより、特定の対象エリア内で無人移動体を二次元的に自力で移動させる方法であって、各駆動輪の負荷を検出して両駆動輪の負荷の差が基準値を超えた場合には負荷の小さい駆動輪の回転数を負荷の大きい駆動輪の回転数に対応させて低下させることにより、無人移動体の移動経路を所定の経路に維持することを特徴とする無人移動体の移動制御方法。

特開平 2-287708(2)

(7) 特定の対象エリア内で無人移動体を二次元的に自力で移動させる方法であって、操舵角度検出手段で検出される操舵機構の操舵角度を所定値に保つことによって無人移動体の旋回半径を制御すると共に、操舵角度検出手段の不感帯の幅を旋回時に直進時よりも大きく設定することを特徴とする無人移動体の移動制御方法。

(8) 方位検出手段が地磁気方位センサであり、この地磁気方位センサの検出結果を無人移動体に搭載した傾斜角度検出手段の検出結果に応じて補正して無人移動体の直進方向を決定するようにした請求項 1 記載の無人移動体の移動制御方法。

3. 発明の詳細な説明

＜産業上の利用分野＞

この発明は、例えば工場内搬送ロボット、自動田植機、あるいは自動芝刈機のような移動作業機など、特定のエリア内で二次元的に自力で移動するように構成された無人移動体の移動制御方法に関するものである。

＜従来の技術＞

って誤差が大きくなり、精度よく誘導するには高価な測量装置が必要になる。

ハ。cでは経路の変更が比較的容易であり、エリアが広い場合でも採用が容易であると共に装置は比較的安価になる反面、エリアが広い場合に誤差が積算されて位置がずれやすくなり、エリアを逸脱してしまう可能性が高くなる。

この発明はこのようなそれぞれの方式の問題点に着目し、経路の変更が容易であり、しかも精度よく誘導することのできる移動制御方法を安価に提供することを目的としてなされたものである。

＜課題を解決するための手段＞

上記の目的を達成するために、請求項 1乃至5の第1の発明では、直進移動時には無人移動体に搭載した方位検出手段の検出結果に応じて移動方向をフィードバックしながらあらかじめ設定された方向に直進させると共に、移動対象エリア内の無人移動体の進路を換切の方向に連続的または断続的に基準マークを設け、これを無人移動体に搭

無人移動体を特定のエリア内で二次元的に自力で移動させる際の制御の方式としては、

- a. 移動経路すべてに連続的または断続的にマークを設置し、これによって誘導するもの
- b. 固定点を基準として位置を測量し、これによって誘導するもの。
- c. 内界センサにより位置や姿勢を算出し、これによって誘導するもの

の3グループに大別され、用途に応じて適切な方式が採用されている。

＜発明が解決しようとする課題＞

上記の各従来技術には、それぞれ次のような長一短がある。

- イ。aでは精度よく確実に誘導することができ、反面、経路が固定的で応用性に欠け、またエリアが広い場合にはマークの設置が容易でなく費用がかかる。
- ロ。bでは経路の変更が比較的容易であり、またエリアが広い場合でも容易に採用できる反面、エリアが広いと高精度の測量が困難とな

載したマーク検出手段で検出した結果に応じてあらかじめ設定された旋回動作を行わせるようにしている。

また請求項6の第2の発明では、無人移動体として左右1対の駆動輪を設けてそれぞれ独立に駆動することによって走行するものを用い、各駆動輪の負荷を検出して両駆動輪の負荷の差が基準値を超えた場合には負荷の小さい駆動輪の回転数を負荷の大きい駆動輪の回転数に対応させて低下させることにより、無人移動体の移動経路を所定の経路に維持するようにしている。

また請求項7の第3の発明では、無人移動体を旋回させる操舵機構に操舵角度検出手段を設け、この操舵角度検出手段で検出される操舵機構の操舵角度を所定値に保つことによって無人移動体の旋回半径を制御すると共に、操舵角度検出手段で操舵角度を検出する時の不感帯の幅を旋回時に直進時よりも大きく設定するようにしている。

更に請求項8の第4の発明では、第1の発明における方位検出手段に地磁気方位センサを用い、

特開平 2-287708(3)

この地磁気方位センサの検出結果を無人移動体に搭載した傾斜角度検出手段の検出結果に応じて補正して無人移動体の直進方向を決定するようにしている。

＜ 作 用 ＞

第 1 の発明は、方位を検出して直進し、基準マークを検出して旋回する方法であるから、基準マークを移動経路すべてに設置したり、位置検出を行う必要はなく、エリア境界などに基準マークを設けておくだけで無人移動体はエリア内を予定の経路に沿って正確に移動し、エリアから逸脱することもない。

第 2 の発明は、1 対の駆動輪の一方が過負荷になって回転数が低下すると、これに対応させて他方の駆動輪の回転数を低下させるので、各駆動輪による走行速度のバランスが狂って直進中に進路が曲がったり、旋回半径が変化したりすることがなくなり、無人移動体の移動経路が所定の経路に維持される。

また、操舵機構は直進時よりも旋回時に大きく

駆動されるため、操舵機構駆動用として速度を制御できない安価なモータや制御手段を用いると、モータ自身の慣性により所定の操舵角度で停止できなくなってハンチングが生じやすくなり、制御が困難になる。これに対して第 3 の発明は、操舵角度検出手段の不感帯の幅を旋回時に直進時よりも大きく設定しているため、安価なモータや制御手段を使用しても駆動量の大きい旋回時にハンチングが発生せず、制御が容易となる。

第 4 の発明は、傾斜に伴う地磁気方位センサの誤差を補正しているため、起伏のあるエリア内でも無人移動体の直進方向が正確に保たれる。

＜ 実施例 ＞

以下、各発明について実施例を説明する。

〔 A 〕 第 1 の発明

第 1 図に基本的な実施例における対象エリアと無人移動体の移動経路の関係を、第 2 図に無人移動体の一例を、第 3 図に制御回路の一例をそれぞれ示す。

図において、1 は対象となるエリア、2 は無人

- 7 -

移動体、3 は無人移動体 2 の移動経路、4 は基準マークとなる励磁ワイヤである。

エリア 1 は例えばゴルフ場、無人移動体 2 は例えば芝刈機であり、緊急停止、走行開始その他の基本動作や必要な修正等を無線送信機 11 a でリモートコントロールされながら、進路を自身で制御しながら所定の移動経路に沿って走行するように構成されている。基準マークは例えば電磁誘導、静電誘導などのワイヤ、あるいは光学的反射テープなどで構成される。この実施例では周波数 4 kHz の発振電源 4 a に接続された電磁誘導用の励磁ワイヤとなっており、エリア 1 の輪郭に沿ってそのやや内側に配置されているが、この実施例の場合には励磁ワイヤ 4 は直進経路の始端と終端に進路を横切るように配置されていればよく、縦方向のワイヤはエリア内に設けられていなくてもよい。

第 2 図に示すように、無人移動体 2 は例えば機関 12 によって自走するトラクタであって、作業内容に応じた作業機 13 を牽引している。11 b は受信機、14 は機関回転制御部、15 は減速機

- 9 -

- 8 -

構、クラッチ機構、ブレーキ機構等を含む走行機構、18 は操舵機構であり、また 19 は操舵角センサ、20 は地磁気方位センサ、21 は励磁ワイヤ検出センサ、22 は回転数カウンタである。励磁ワイヤ検出センサ 21 は車体下部の左と右にそれぞれ 1 個ずつ設けられたピックアップコイル 21 a、21 b で構成されている。

23 は制御用のコントローラであり、このコントローラ 23 はディスクリートな回路で構成することも可能であるが、後述する各種の制御を行うには第 3 図に示すようにマイクロコンピュータを利用することが望ましい。マイクロコンピュータは入力ポート 23 a、出力ポート 23 b、制御演算及び入出力指示を与える CPU 23 c、制御プログラムや制御演算に必要な諸データを記憶している ROM 23 d、制御演算に使用される RAM 23 e 等で構成されている。上記の各機構やセンサ類は第 3 図のようにそれぞれコントローラ 23 に接続されており、必要に応じて入力側には A/D 変換器、出力側にはドライバ回路など(いずれも図示せず)

特開平 2-287708(4)

が適宜挿入される。そのほか、入力ポート 23 a にはジャイロ装置 25、速度センサ 26、障害物センサ 27 等が接続され、出力ポート 23 b には上記以外にも制御の対象となる各種機構が接続される。

動作は次のように行われる。まず、スタート時に車体の向きを正しくセットしてティーチング処理を行い、以後は地磁気方位センサ 20 で検出した車体の向きをフィードバックしながら操舵機構 18 が制御され、ティーチングで記憶した所定の方向に直進する。そして、励磁ワイヤ検出センサ 21 が励磁ワイヤ 4 を検出すると、あらかじめ設定された角度だけ操舵機構 18 が駆動されて旋回し、再び直進に戻るものであり、往路直進後の往路旋回と復路直進後の復路旋回の半径は異なる大きさに設定される。第 4 図は以上の手順の一往復分のフローチャートを示したものである。

第 1 図で説明すると、a 点はスタート点であり、ここでティーチング処理してスタートさせると b 点まで直進し(第 4 図のステップ S 1 及び S 2)。

ここで励磁ワイヤ 4 を検出すると大きな半径で o 点まで右旋回し(ステップ S 3 乃至 S 5)、直進方向に向いたことが検出されると旋回から直進に戻って d 点まで直進する(ステップ S 6 乃至 S 8)。そして d 点で励磁ワイヤ 4 を検出すると今度は小さな半径で e 点まで右旋回して再び直進に戻り(ステップ S 9 乃至 S 12)、以下同様な動作が繰り返される。従って、旋回半径を適切に設定しておけば、無人移動体 2 はエリアから逸脱することなく、直線状に走行する位置を一定の間隔で少しずつ変えながら、エリア 1 の全面を走査するように走行するのである。フローチャートには示していないが、例えば旋回終了時に励磁ワイヤ 4 が検出されなかった場合には移動終了とみなして走行を停止する。f 点はこの停止位置である。

なお復路の直進方向は、スタート時に復路方向もティーチングしておく方法、あるいは往路の方向を基準として算出して直進を始め、その時の動きを見ながら無線送信機 11 a によるリモートコントロールで補正制御して方位を修正し、これを

- 11 -

復路の直進方向として記憶させる方法などによって設定される。

第 5 図は励磁ワイヤ 4 を 1 本のみ直進経路に交わるように配置したものであり、第 2 図及び第 3 図に示すように、無人移動体 2 には直進距離を設定する設定スイッチ 24 が設けられる。

第 5 図の例では励磁ワイヤ 4 は往路直進の開始位置に配置されており、励磁ワイヤ 4 が検出される位置から直進距離 L が設定スイッチ 24 で設定される。a 点はスタート点であり、ここでティーチング処理してスタートさせ、a 点で 1 回目の励磁ワイヤ 4 を検出したら回転数カウンタ 22 をリセットし、以後直進しながら車輪の回転数から走行距離を計測する。そして走行距離が L に達した b 点でコントローラ 23 から旋回指令が出され、大きな半径で o 点まで右旋回して直進に戻り、d 点まで直進して励磁ワイヤ 4 を検出すると小さな半径で e 点まで右旋回し、励磁ワイヤ 4 が検出されると回転数カウンタ 22 をリセットし、以後再び直進に戻って同様な動作が繰り返される

- 13 -

- 12 -

のである。また、例えば復路の走行距離が L₁ に達しても励磁ワイヤ 4 が検出されなかった場合には移動終了とみなして走行を停止する。f 点はこの停止位置である。

この例の場合には、直進経路に交わる位置であれば励磁ワイヤ 4 を途中で配置してもよく、エリア 1 内にマーク設置不能箇所があってもマークから旋回までの設定距離を変えることにより目的を達することができ、設定距離を変えればマークの位置はそのまま直進方向への走行範囲を変化させることができる。

第 6 図は励磁ワイヤ 4 を長方形のエリア 1 のほぼ対角線上に X 字状に配置した例であり、直進は縦と横の 4 方向に行われるようにしてある。すなわち、a 点をスタートして b 点まで直進し、ここで励磁ワイヤ 4 を検出すると c 点まで 90° 旋回して直進に移り、d 点で励磁ワイヤ 4 を検出すると e 点まで 90° 旋回し、再び直進に移るという動作を繰り返すのである。従って、この場合は旋回半径はすべて同一でもよく、励磁ワイヤ 4 を適

- 14 -

特開平 2-287708(5)

切に配置しておけば、無人移動体 2 はエリア 1 の外周から内周に向けてうず巻状に移動し、エリア 1 の全面を走行することができる。なお、例えば旋回から旋回までの時間あるいは距離があらかじめ設定された値より短くなった時に、次の直進走行中に励磁ワイヤ 4 を検出すると移動終了とみなして停止する。f 点はこの停止位置である。

なお縦横 4 種類の直進方向は、スタート時に各方向をティーチングしておく方法、あるいはスタート時の方向のみをティーチングし、他の 3 方向はこれを基準として算出し、それぞれ直進に移った時の動きを見ながら無線送信機 11a によるリモートコントロールで補正制御し、方位を修正して記憶させる方法などによって設定される。

第 7 図は、励磁ワイヤ 4 を往路直進の開始位置と長方形のエリア 1 のほぼ対角線上の 2 箇所に配置した例であり、あらかじめ直進距離 L_1 と、停止位置を演算するための距離 L_2 が設定される。

この例では、a 点でスタートさせ、以後直進しながら走行距離を計測する。そして b 点で走行距

離が L_1 に達すると o 点まで旋回して直進に戻り、復路では距離 L_2 の d 点と L_1 の e 点でそれぞれ励磁ワイヤ 4 を検出する。ここで d 点から o 点までの距離 L_3 を L_2 と比較し、小さければ f 点まで旋回して励磁ワイヤ 4 が検出されると回転数カウンタ 22 をリセットし、再び直進に戻って同様な動作が繰り返される。そして d e 間の距離が L_2 以上になれば走行を停止するのであり、g 点はこの停止位置を示している。

この例の場合には、移動体 2 の速度が一定で対角線上のワイヤの敷設角 θ が既知であれば、検出された 2 本の励磁ワイヤ間の距離 L_1 、あるいはその間の走行時間によってエリア 1 内の位置情報、例えば底辺側ワイヤの方向を X 軸、直進方向を Y 軸とした直交座標上の位置 (x, y) が得られるので、エリアの境界や走行終了点の認識や障害物の回避が容易となる。なお、上記の距離あるいは時間差は往路におけるものを利用してよく、また往路と復路の両方を利用するようにすればより細かい位置情報を得ることが可能である。

- 15 -

第 8 図は、この例における制御手順の特徴的な部分をステップ S13 及びステップ S14 として示したフローチャートであり、他の基本的な部分は第 4 図に示した手順と同様である。なお、上述した第 5 図及び第 6 図の例における制御手順も、それぞれの仕様に応じて第 4 図に示した手順を基本として部分的に修正すれば実現できる。

〔B〕第 2 の発明

第 9 図は第 2 の発明を実施するための無人移動体 2 の 1 例である。ここでは機関駆動タイプでなくモータ駆動タイプとなっており、左右 1 対の駆動輪 31 を備えている点が第 2 図の無人移動体 2 との主たる相違点である。各駆動輪 31 には DC サーボモータ 32 とパルス溜まり方式のサーボモータドライバ 33 がそれぞれ設けられており、コントローラ 23 の制御に応じてそれぞれ独立に駆動される。34 はエンコーダ、35 は操舵輪である。サーボモータドライバ 33 は第 10 図に示すようにパルスカウンタ 33a、PID 演算部 33b、PWM ドライバ 33c を備えている。

- 16 -

この実施例は次のように動作する。無人移動体 2 は送信機 11a からの信号によってリモートコントロールされ、また第 1 の発明で述べた制御によって所定のエリア 1 内を走行する。ここで、コントローラ 23 はサーボモータドライバ 33 に対してパルス指令信号 Sp を送り、またサーボモータドライバ 33 のパルスカウンタ 33a に残っているパルス指令の数 Sc を監視している。通常の走行では左右の各駆動輪 31 の負荷には大きな差はなく、直進の場合には各駆動輪 31 は同一回転数で駆動され、無人移動体 2 は所定の方向に直進するが、地面の凹凸などによって一方の駆動輪が一定の限度以上の過負荷になると回転数が低下し、パルスカウンタ 33a に残っているパルス指令の数 Sc が増加する。このため、コントローラ 23 はパルス指令の数 Sc が一定値を超えると、DC サーボモータ 32 の追従不能と判定し、各サーボモータドライバ 33 に与えているパルス指令をパルスカウンタ 33a 内のパルス数が減少するまで低下させる。従って、過負荷になっていない方の

特開平 2-287708(6)

駆動輪の回転数も低下して走行速度が低下し、左右の駆動輪 31 の回転数が異なることによって進路が曲がることがリアルタイムで防止され、車輪に滑りなどが無い限り、無人移動体 2 は正しい経路を走行することができるのである。

なおこの制御は、操舵輪 35 が操作されて旋回している時にも各駆動輪 31 の回転数の差が旋回半径に応じた一定値を超えると行われ、旋回半径が変化することが防止される。

第 11 図は制御手順のフローチャートである。ステップ S21 で操舵角センサ 19 による操舵角検出値 θ と、送信機 11a からの速度指令信号 V が入力され、ステップ S22 で各サーボモータドライバ 33 のパルスカウンタ 33a のカウント数 X_L 及び X_R が入力され、ステップ S23 で X_L と X_R がそれぞれ一定値 A、B と比較される。図中 A はサーボモータドライバ 33 の駆動不能域、B は追従不能域 ($A > B$) であり、A 以上であればステップ S24 に、B 以上であればステップ S25 を経てステップ S26 または S24 に、また B よ

り小さければステップ S26 にそれぞれ移る。

ステップ S25 はこの発明による減速ルーチンであり、ここで減速量 v_n が決定され、ステップ S26 ではこの v_n 及び上記 θ から各駆動輪 31 の回転数 v_s 、 v_p が決定され、ステップ S27 でサーボモータドライバ 33 への速度指令パルス周波数が決定されて出力される。

なお、減速量 v_n は例えば $v_n = K \cdot T$ (K は定数) により決定され、また図中 C は減速処理無効域、D はパルス溜まりリセット不能域であり、A ~ D は実験によってあらかじめ最適値が求められる。

〔C〕第 3 の発明

第 2 図や第 9 図に示した無人移動体 2 の操舵機構 18 の駆動には一般にモータが使用されるが、高い精度で操舵角制御を行うには操舵角センサ 19 の不感帯の幅を小さくするのが普通であり、また駆動用モータには速度や停止位置を精度よく制御できるもの(例えば、ステップモータやサーボモータ)を用い、あるいは機械的なストッパを設けることが行われる。

- 19 -

- 20 -

第 12 図はこのような操舵角制御の一例を示したものであり、(a) 図のように受信機 40 からの指令値 δ に応じて CPU 41 から出力ポート 42 に信号を出力し、リレー 43 または 44 を作動させる。これにより接点 43a または 44a が切り換わり、ステアリングモータ 45 が所定方向に回転して操舵輪が + (右) または - (左) に駆動され、その時の操舵角 θ がセンサ 46 から A/D 変換器 47 を経て CPU 41 にフィードバックされ、 δ と θ の差が不感帯の幅 A 内に入るように制御されるのである。(b) 図は以上の手順のフローチャートであり、これが制御タイミングの周期で繰り返されることになる。

しかしながら、上記のようなモータは高価であると共に制御方法も複雑になり、機械的なストッパでは衝撃が大きく、また十分な精度の確保が困難であるから、安価なモータを使用して精度よく制御することができれば好都合である。しかし、このような安価なモータは一般に速度や停止位置を精度よく制御することができず、第 12 図のよ

うな制御方式では次のような問題が生ずる。

第 13 図はモータの停止位置の例を説明したものであり、縦軸はモータ回転数 n と回転方向、横軸は操舵角 θ 、 θ_p は目標角、 θ_s と θ_e は不感帯の下限值と上限値、 θ_s から θ_e までの距離は不感帯の幅 A をそれぞれ示している。

(a) 図は不感帯の幅が比較的大きい場合であり、回転数 n_s でモータが回転しており、コントローラによる制御タイミングが最も遅い時には、a 点で目標角 θ_p と判断されて b 点で駆動電流が切れ、慣性でしばらく回転を続けた後 c 点で停止する。またタイミングが最も早い時には、破線のように a' → b' → c' の経過で c' 点で停止する。

(b) 図は制御可能な範囲で不感帯の幅を小さくした場合であり、制御タイミングが最も遅い時にはモータの停止位置は上限値 θ_e を超えた位置となり、逆方向に駆動されて d 点で目標角 θ_p と判断され、e 点で駆動電流が停止し、f 点で停止する。またタイミングが最も早い時には、破線のように a' → b' → c' の経過で c' 点で停止する。

- 21 -

—76—

- 22 -

特開平 2-287708(7)

(c)図は不感帯の幅を更に小さくした場合であり、制御タイミングに関係なくモータの停止位置は上限値 θ_2 を常に超えてしまう。このため、逆方向に駆動されて $d \rightarrow e \rightarrow f$ の経過で f 点で停止し、再び正転方向に駆動されて $g \rightarrow h$ を経て o 点で停止するという動作が繰り返され、ハンチングが生じて無制御状態になるのである。

このように、不感帯の幅を小さくすると(b)図のように制御タイミングによって停止位置が大きくばらつき、あるいは(c)図のようにハンチングが生ずるのに対して、不感帯の幅が大きい(a)図の場合には停止位置のばらつきはむしろ小さくなる。そこで(d)図のように不感帯の幅を大きくして、停止位置 o 点が丁度目標角 θ_p に一致する実線の状態になるようにその a 点を実験により求め、それよりも制御タイミングの周期 T の $1/2$ だけ大きな角度の位置に来るように θ_2 を選定すれば、バラツキは破線のように周期 T 内に収まり、しかもその中心値が目標角 θ_p に一致することになる。これはモータが逆回転している場合の θ_2 について

- 23 -

るが、例えばフラックスゲート式は地磁気の水平方向の分力を感知するものであり、傾斜地では伏角を持つ地磁気の水平方向の分力値が変化するため誤差が生ずる。一般的にはジンバル構造を採用してセンサ自身を水平に保って上記の問題を解決しているが、移動することによる振動や、移動体自身の振動でジンバルが共振したり、加速度が加わってジンバルが水平を保てなくなるなどによりセンサ出力の信頼性が低下し、方位検出精度が低下するという問題がある。

この発明は、地磁気方位センサの検出結果を傾斜に応じて補正することによってこの問題を解決したものであり、スタート地点が傾斜地であっても方位ティーチングを正確に行い、また走行経路が傾斜していても走行方向を正確に維持するようにしている。このため、無人移動体には傾斜センサが設けられるのであり、第2図及び第3図において28はこの傾斜センサを示している。傾斜センサ28としては、例えば液面検出式や加速度検出式の静電容量変化型のもの、あるいは慣性型等

でも同様である。

この発明はこの点に着目してなされたものであり、周期 T は一般に数 $msec$ 乃至数十 $msec$ であるから、高い精度で停止位置、つまり操舵角を制御することが可能となる。なお、不感帯の幅は操舵機構18が大きく駆動されてからある値で操舵角を固定する旋回制御時にのみ大きくするのであり、操舵角が小さい直進時には不感帯幅を小さくして精度を向上することができる。

第14図はこの発明のフローチャートの例であり、第4図の手順の直進のステップS2及びS8の前に操舵角の不感帯幅を小さくするステップS31及びS33を挿入し、旋回のステップS5及びS11の前に不感帯幅を大きくするステップS32及びS34を挿入したものとになっている。

〔D〕第4の発明

既述の第1の発明においては、方位を検出して無人移動体の直進方向を保つようにしている。方位検出手段として最も一般的なものはフラックスゲート式やコンパス式等の地磁気方位センサであ



が使用可能である。

次に、操舵角の補正手順の例を走行中の場合について第15図と第16図により説明する。

第15図において、 X, Y, Z は XOY を水平面とする直角座標、 xOy は傾斜平面、 G は地磁気ベクトル (X_g, Y_g, Z_g) 、 g_s はスタート時の方位センサ出力 $(X_s, Y_s, 0)$ 、 g_t は G より xOy 面に下ろした垂線の足 (X_t, Y_t, Z_t) 、 g_r は走行時の方位センサ出力 (k_x, k_y, Z_r) 、 δ は地磁気の伏角、 δx は走行中の方位の偏差、 α, β は直交配置した傾斜センサの出力である。

まず、ステップS41で地磁気方位センサ20の出力 (k_x, k_y) と傾斜センサ28の出力 (α, β) を読み込み、このデータから地磁気ベクトル (X_g, Y_g, Z_g) を算出する(ステップS42)。更にステップS43で目標方位の水平面への投影方位 θ_t (α, β)及び走行方位の水平面への投影方位 θ_r (k_x, k_y, α, β)を算出し、ステップS44で走行中の方位の偏差 $\delta x = \theta_r - \theta_t$ を算出して方位の補正量を求める。そこでこの結果を用いて操舵角

特開平 2-287708(8)

を決定し、所定量だけ操舵機構 18 を駆動する信号を出力するのである(ステップ S45)。

なお、鉛直方向に地磁気センサを配置し、伏角を計測して入力するようにしてもよい。

〔E〕その他の実施例

第2図及び第3図で説明したように、励磁ワイヤ検出センサ 21 のピックアップコイル 21a、21b は車体の左と右に対称的に配置されている。これは励磁ワイヤ 4 を検出した時の検出タイミングのずれによって旋回の是非を判断したり、エリアのコーナーで縦のワイヤをまたいだ状態となって検出が一方のみで行われた時に境界とみなして走行を停止したりすることを可能として、より確実な走行制御を行うためである。

すなわち、第17図のように走行方向に対して励磁ワイヤ 4 が斜めに角度 θ で交わっている時には、ピックアップコイル 21a、21b 間の距離を D_1 、走行速度を v とすると、コイル 21b は 21a より走行距離 d だけ遅れてワイヤを検出し、その時間差は

$$t_1 = d/v = D_1 \tan(90-\theta)/v \quad \cdots \textcircled{1}$$

となる。従って、この時間差 t_1 があらかじめ設定された基準時間以内の時には、検出されたワイヤは正規のものであると判断して旋回制御に入るようにしておけば、無人移動体 2 の方向ずれ等に伴う旋回失敗などの誤動作を防止できるのである。第18図はこの制御手順であり、第4図のステップ S3 及び S9 の前後を少し詳しく示してある。

なお、走行速度 v が既知の一定値でない時にはこれを検出する必要がある。この場合には、例えば第3のピックアップコイル 21c を図示のようにピックアップコイル 21a に対して距離 D_2 だけ前後方向にずらして配置しておくことにより、両者の検出時間差 t_2 から走行速度 v を

$$v = D_2/t_2 \quad \cdots \textcircled{2}$$

で求めることができる。

また、無人移動体 2 が励磁ワイヤ 4 上を横切る時に、走行方向のずれやピックアップコイル 21a、21b の感度のバラツキによって、ワイヤを検出するタイミングや検出期間が一致しないこと

- 27 -

がある。第18図のステップ S51 におけるループカウンタはこれらのずれを吸収するものであり、例えば $\theta > 60^\circ$ の時に横ワイヤとして判断するとすれば、 θ が 60° の時のずれ時間によってループカウンタの値を決定しておくのである。第19図はループカウンタによってずれ時間を吸収するルーチンの状態遷移図であり、各ステップの上段は処理を、下段はワイヤ検出状態をそれぞれ示している。

以上は左右1対のピックアップコイル 21a、21b を励磁ワイヤ 4 に対して同一の姿勢で配置し、同じ条件でワイヤを検出するようにした場合についての説明であるが、例えば互いに直交させた1対のピックアップコイルを一方を進行方向に、他方を横に向けて水平面内に配置し、ワイヤ通過時の両コイルの出力関係からワイヤの角度を検出するようにすることもできる。

また、上述の各実施例では具体的に説明されていないが、無人移動体 2 に搭載されている無接触式あるいは接触式の適宜の障害物センサ 27 によ

- 28 -

り進路に障害物を発見した時に、これを避けて迂回した後、また元の進路に戻るような制御も可能である。すなわち、PI制御で直進制御を行っている時に障害物を発見すると直進を中断し、回避制御に移行して障害物の外周に沿って迂回しながらその間もI成分の積算のみを行い、障害物を過ぎると積算されたI成分の量だけ戻すことによって本来の進路に戻り、PI制御による直進を再開するのである。これにより、位置測定をすることなく元の進路に戻ることができ、制御手順も比較的簡単なものとなる。

＜ 発明の効果 ＞

以上の説明から明らかなように、第1の発明によれば、基準マークを移動経路に沿って全域に設置したり、無人移動体の位置を検出したりする必要はなく、エリア境界などに基準マークを設けておくだけで、無人移動体をエリアから逸脱することなく予定の経路に沿って正確に移動させることが可能となり、基準マークの設置が容易であると共に設置に必要な費用が軽減される。

- 29 -

—78—

- 30 -

特開平 2-287708(9)

また第 2 の発明によれば、左右 1 対の駆動輪の一方が過負荷になって回転数が低下するようなことがあっても、他方の駆動輪の回転数が低下して各駆動輪による走行速度のバランスが保たれるので、直進中に進路が曲がったり、旋回時の半径が変化したりすることがなくなり、無人移動体の移動経路が正確に維持される。

また第 3 の発明によれば、操舵角度検出手段の不感帯の幅を旋回時に直進時よりも大きく設定することにより、操舵機構の駆動用モータの慣性により停止位置が大きくばらついたりハンチングが生じたりすることが防止される。従って、操舵機構の駆動用として速度を制御できる高価なモータ等の制御手段を使用せず、また衝撃が大きくなりやすい機械的なストッパを使用することもなく、安価なモータを使用して精度よく制御することが可能となる。

更に第 4 の発明によれば、傾斜に伴う地磁気方位センサの誤差を補正しているので、起伏のあるエリア内でも方位の検出精度が高くなり、無人移

動体の直進方向を正確に保つことが可能となる。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は第 1 の発明の一実施例における対象エリアと無人移動体の移動経路の関係を示す図、第 2 図は同実施例の無人移動体の一例を示す概略構成図、第 3 図は同実施例の制御回路のブロック図、第 4 図は同実施例の制御手順のフローチャート、第 5 図乃至第 7 図はそれぞれ第 1 の発明の別の実施例における対象エリアと無人移動体の移動経路の関係を示す図、第 8 図は第 7 図の実施例の制御手順のフローチャートである。

第 9 図は第 2 の発明の一実施例における無人移動体の概略構成図、第 10 図は同実施例の制御回路の要部のブロック図、第 11 図は同実施例の制御手順のフローチャートである。

第 12 図は第 3 の発明に関連した操舵角制御の一例の説明図、第 13 図は第 3 の発明の動作説明図、第 14 図は同実施例の制御手順のフローチャートである。

第 15 図は第 4 の発明の補正動作の説明図、第

16 図は同実施例の制御手順のフローチャートである。

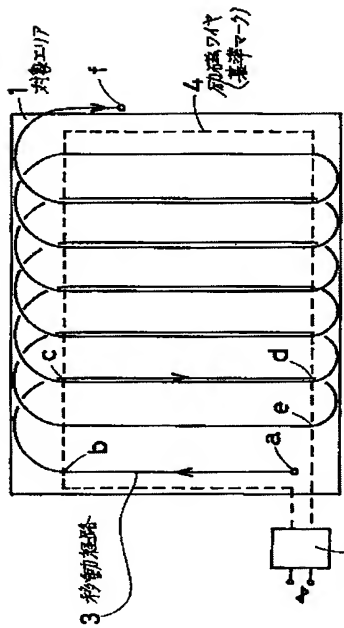
第 17 図は他の実施例の動作説明図、第 18 図は同実施例の制御手順のフローチャート、第 19 図はそのループカウンタの状態遷移図である。

1…対象エリア、2…無人移動体、3…移動経路、4…励磁ワイヤ(基準マーク)、11a…送信機、11b…受信機、12…機関、13…作業機、18…操舵機構、19…操舵角センサ(操舵角度検出手段)、20…地磁気方位センサ(方位検出手段)、21…励磁ワイヤ検出センサ(マーク検出手段)、21a 及び 21b…ピックアップコイル、22…回転数カウンタ、23…コントローラ、24…距離設定スイッチ、28…傾斜センサ(傾斜角度検出手段)、31…駆動輪、32…DC サーボモータ、33…サーボモータドライバ。

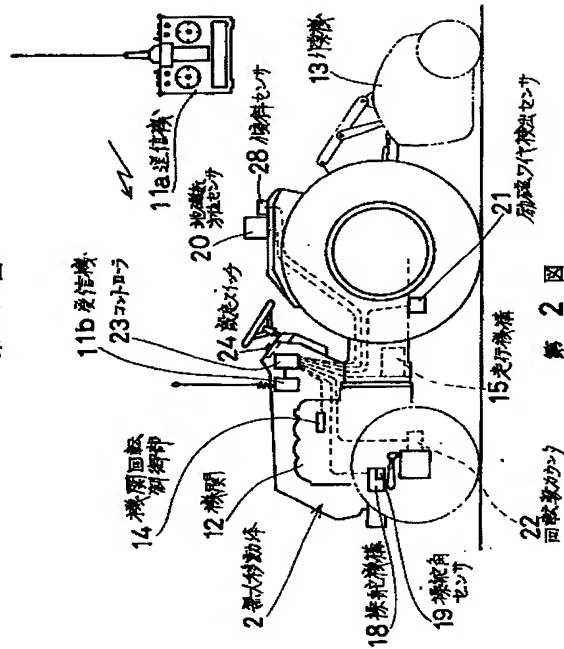
特許出願人 ヤンマーディーゼル株式会社

代理人 弁理士 篠田 寛

特開平 2-287708(10)



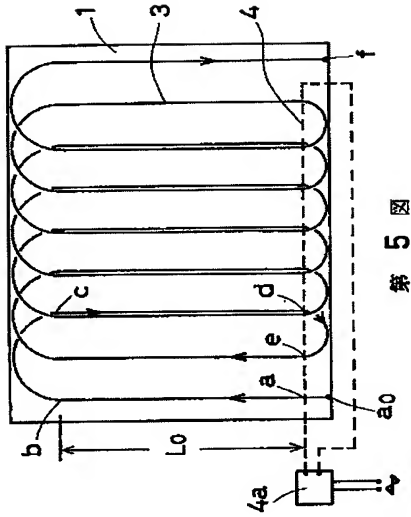
第 1 図



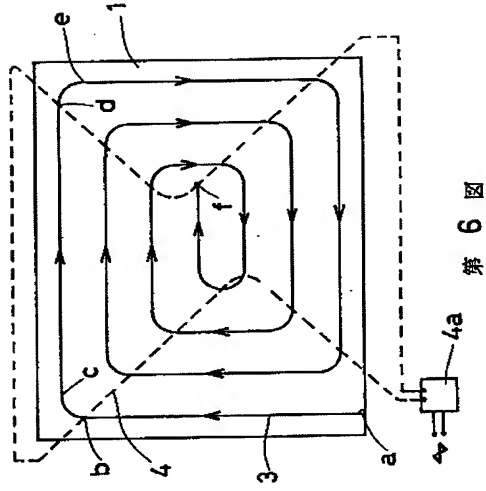
第 2 図

第 3 図

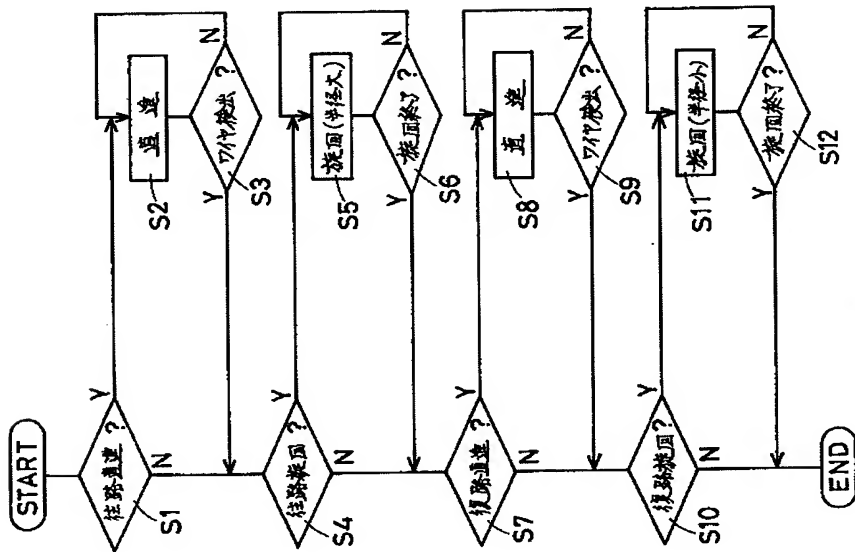
特開平 2-287708(11)



第 5 图

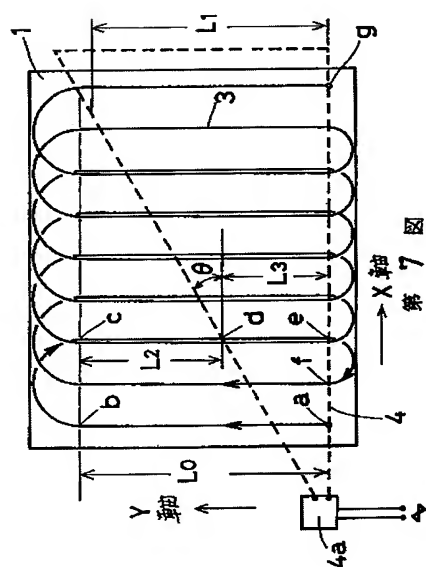


第 6 图

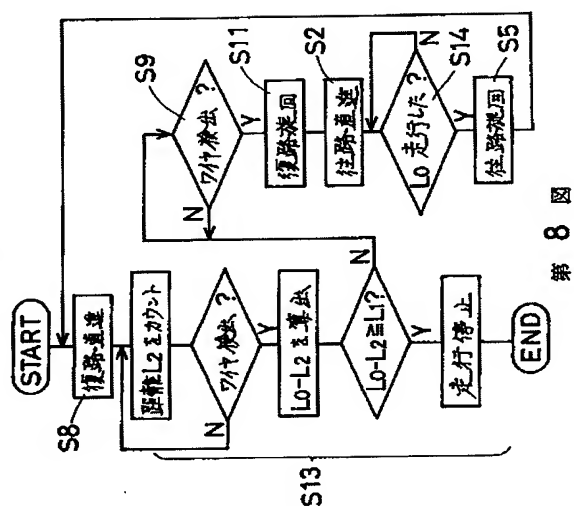


第 4 图

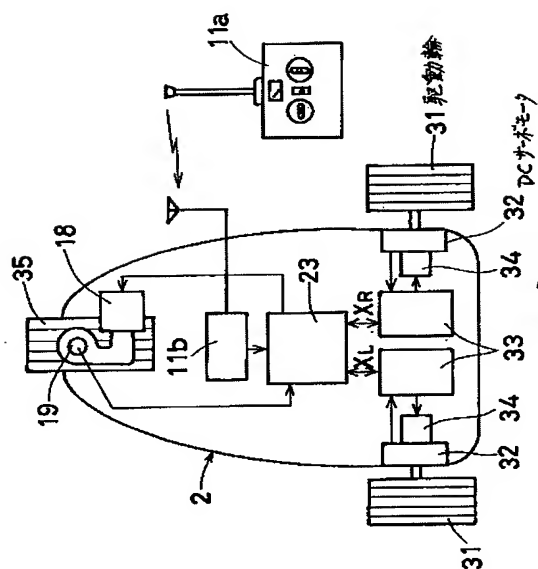
第 9 圖



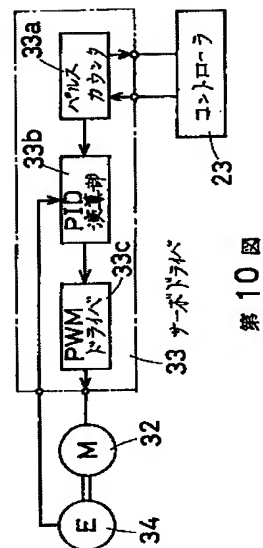
第 7 卷



88

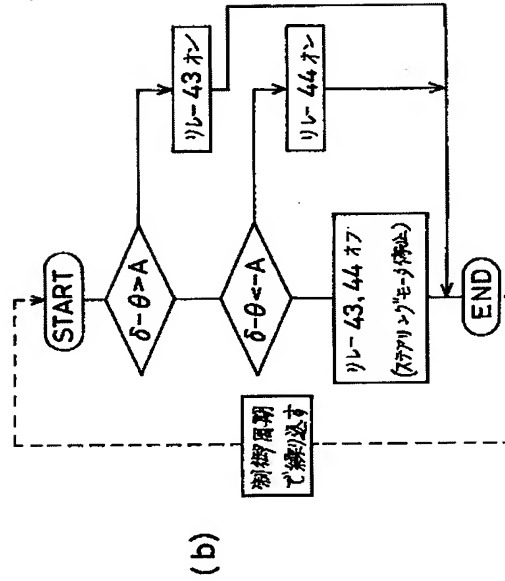
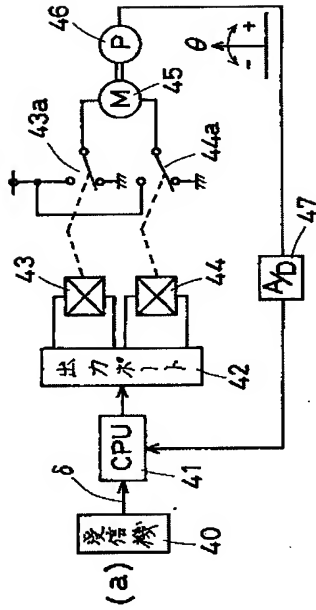


區
9
號

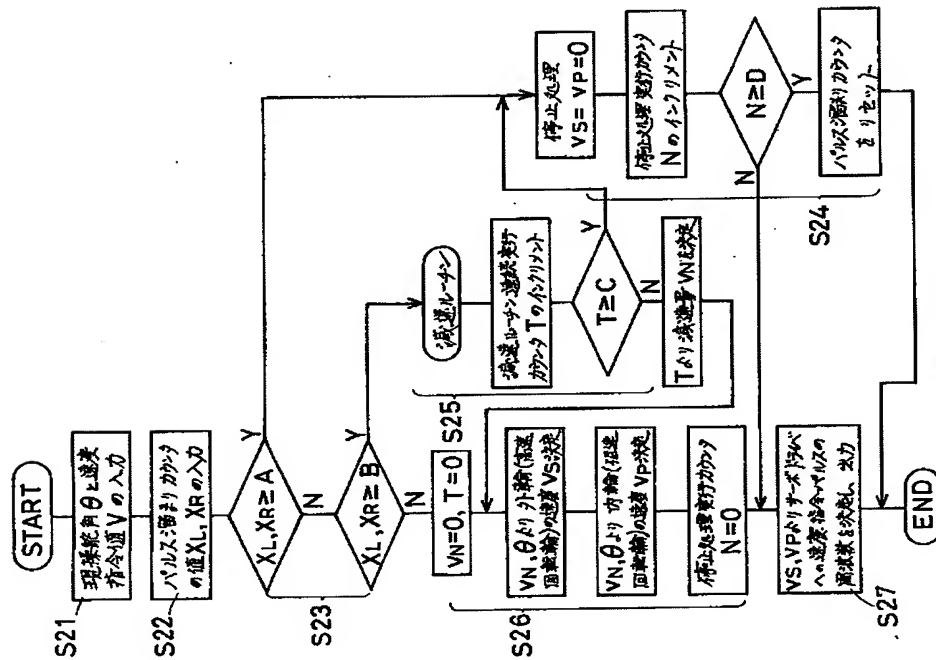


第10圖

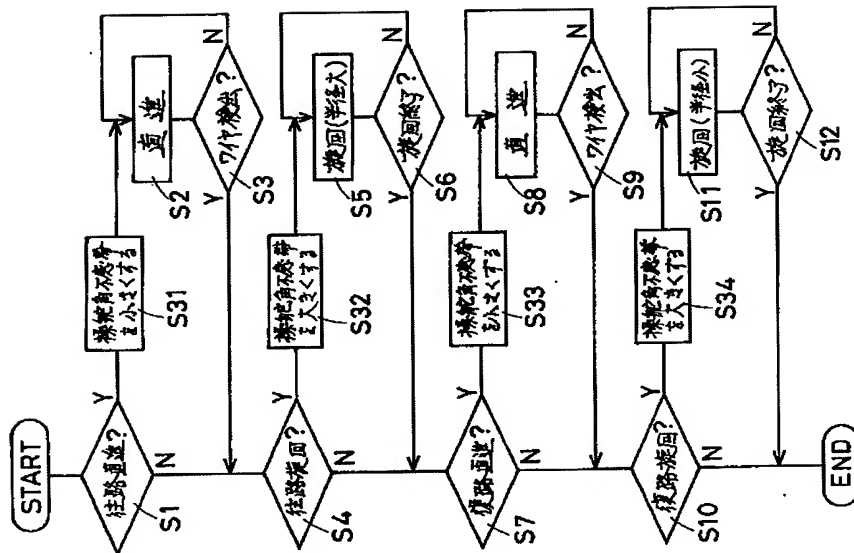
特開平 2 - 287708(13)



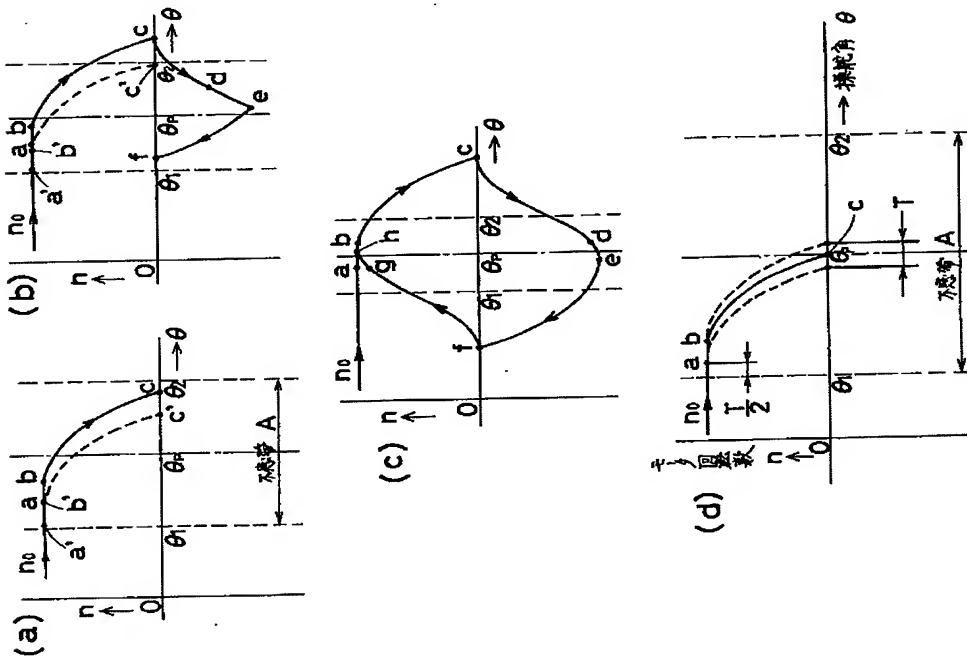
第 12 図



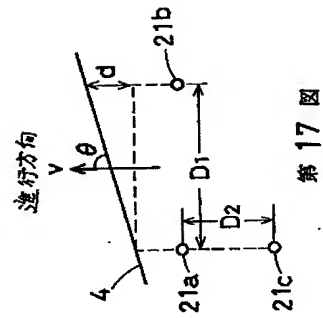
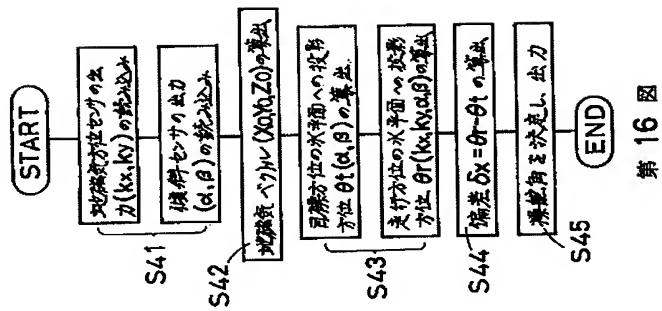
特開平 2-287708(14)



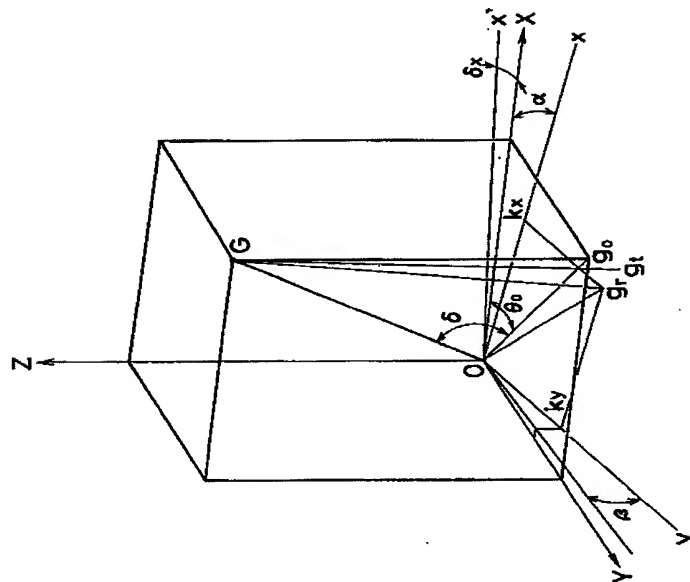
第 14 図



第 13 図

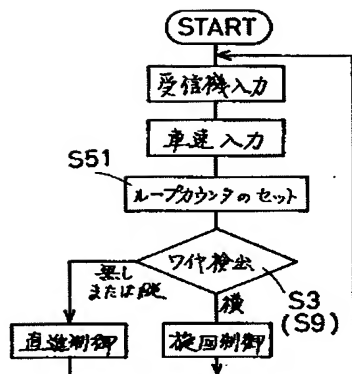


第17圖

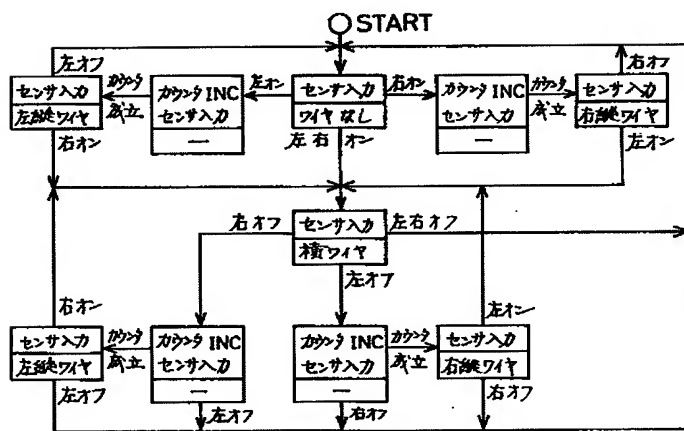


第15圖

特開平 2 - 287708(16)



第 18 図



第 19 図